

**Beschreibung**

Bauteile für statische Mikromischer, daraus aufgebaute  
Mikromischer und deren Verwendung zum Mischen, zum  
5 Dispergieren oder zur Durchführung chemischer Reaktionen

Gegenstand der Erfindung sind plattenförmige Bauteile für  
statische Mikromischer, aus diesen Platten aufgebaute Mikro-  
mischer sowie Misch- und Dispergierverfahren und Verfahren  
10 zur Durchführung chemischer Reaktionen unter Verwendung  
dieser Mikromischer.

Ziel beim Mischen mindestens zweier Fluide ist das Erreichen  
einer gleichförmigen Verteilung der beiden Fluide in einer  
15 bestimmten, in der Regel möglichst kurzen Zeit. Bei dynami-  
schen Mischern erfolgt das Mischen unter Verwendung von  
mechanisch betriebenen Rührern durch Erzeugung von turbulen-  
ten Strömungsverhältnissen. Dynamische Mischer haben den  
Nachteil, dass sie sich aufgrund der erforderlichen mechani-  
20 schen Bauteile nicht ohne weiteres Verkleinern lassen. Bei  
statischen Mischern erfolgt die Durchmischung ohne einen  
Einsatz von beweglichen Teilen. Diese Mischer lassen sich zu  
den sogenannten statischen Mikromischern verkleinern, von  
denen verschiedene Ausführungsformen bekannt sind. Vorteile  
25 von statischen Mikromischern sind die Verkleinerung der  
Bauteilgrösse und damit Integrierbarkeit in weitere Systeme,  
wie Wärmetauscher und Reaktoren. Durch das Zusammenwirken  
zweier oder mehrerer auf engem Raum zusammengeschalteter  
Komponenten ergeben sich weitere Möglichkeiten der Prozess-  
30 optimierung. Die in statischen Mikromischern erzielbare sehr  
enge Verteilung der Mischzeiten erlaubt vielfältige Mögliche-

keiten der Optimierung von chemischen Umsetzungen im Hinblick auf Selektivität und Ausbeute. Es können Mischzeiten zwischen 1 s und wenigen Millisekunden erzielt werden, wobei die Vermischung von Gasen noch deutlich schneller stattfinden kann.

5 Die Anwendungspotenziale von Mikrovermischern erstrecken sich von flüssig-flüssig und gas-gas Mischungen zur Bildung von flüssig-flüssig Emulsionen, gas-flüssig Dispersionen und damit auch zu Mehrphasen- und Phasen-transfer-Reaktionen.

10

Eine Klasse von Mikromischern beruht auf diffusionskontrollierten Mischvorgängen. Hierfür werden abwechselnd benachbarte Fluidlamellen einer Stärke im Mikrometerbereich erzeugt. Durch die Wahl der Geometrie ist ein Einstellen der Breite der Fluidlamellen und damit der Diffusionswege möglich.

15 Derartige statische Mikromischer werden z.B. beschrieben in DE 199 27 556 A1, DE 202 06 371 U1, WO 02/089962.

Nachteil der auf Diffusion zwischen mikroskopischen Fluidlamellen beruhender Mikromischer ist, dass eine relativ 20 geringe Strömungsgeschwindigkeit zur Erzeugung und Aufrechterhaltung laminarer Strömungsverhältnisse erforderlich ist. Mit diesem Mischprinzip sind nur relativ geringe Durchsätze möglich.

25 Außerdem sind Mikromischer bekannt, die aus mit durchgehenden Kanälen versehenen Führungsbauteilen oder mit Nuten versehenen Folien bestehen, die beim Übereinanderschichten eine Anzahl von Kanälen für die verschiedenen, zu vermischenden Fluide ergeben, wobei die Dimensionen der Kanäle im Mikrometerbereich liegen. Die Eduktströme treten als benachbarte Fluidlamellen aus den Kanälen in einen Mischraum aus, wobei

die Vermischung durch Diffusion und/oder Turbulenz erfolgt (siehe insbesondere WO 97/17130 und dort zitierte Literatur sowie WO 97/17133, WO 95/30475, WO 97/16239, WO 00/78438). Die Herstellung dieser Bauteile ist relativ teuer und aufwändig und es können bei der Durchleitung der zu mischenden Fluide durch eine Vielzahl langer und sehr schmaler Kanäle relativ hohe Druckverluste auftreten. Dies kann den Einsatz starker Pumpensysteme erforderlich machen, wenn hohe Durchsätze erreicht werden sollen.

10

Die Erfindung hat zur Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Mischen mindestens zweier Fluide zur Verfügung zu stellen, die bei möglichst geringen Druckverlusten eine schnelle und intensive Durchmischung ermöglicht bei kleinem Bauraum und einfacher Herstellung der benötigten Bauteile.

Nachfolgend wird unter dem Begriff "Fluid" ein gasförmiger oder flüssiger Stoff oder ein Gemisch solcher Stoffe verstanden, das einen oder mehrere feste, flüssige oder 20 gasförmige Stoffe gelöst oder dispergiert enthalten kann. Der Begriff Mischen umfasst auch die Vorgänge Lösen, Dispergieren und Emulgieren. Demzufolge umfasst der Begriff Mischung Lösungen, flüssig-flüssig-Emulsionen, gas-flüssig- und fest-flüssig-Dispersionen.

25

Gelöst wird die Aufgabe durch statische Mikromischer, welche erfindungsgemäße Bauteile aufweisen. Ein erfindungsgemäßes Bauteil hat die Form einer Platte, welche - mindestens eine Eintrittsöffnung für den Eintritt mindes- 30 tens eines Eduktstroms in einen in der Plattenebene liegenden Verbindungskanal und mindestens eine Austritts-

- öffnung für den Austritt des Eduktstroms in eine in der Plattenebene liegende Mischzone aufweist,
- wobei die Eintrittsöffnung mit der Austrittsöffnung durch den in der Plattenebene liegenden Verbindungskanal 5 kommunizierend verbunden ist und
  - wobei der Verbindungskanal vor der Mündung in die Mischzone durch Mikrostruktureinbauten in zwei oder mehr Teilkanäle aufgespalten wird, wobei die Breiten der Teilkanäle im Millimeter bis Submillimeterbereich liegen und kleiner sind 10 als die Breite der Mischzone.

Der Begriff "Teilkanäle" umfaßt auch eine Aufspaltung des Eduktstroms in Teilströme durch Mikrostruktureinbauten unmittelbar vor dem Austritt in die Mischzone. Die Dimensionen, 15 insbesondere die Längen und Breiten dieser Einbauten können dabei im Bereich von Millimetern liegen oder vorzugsweise kleiner 1 mm betragen. Die Teilkanäle sind vorzugsweise auf die zur Strömungskontrolle absolut nötige Länge verkürzt und erfordern daher für einen bestimmten Durchsatz vergleichbar 20 geringe Drücke. Vorzugsweise liegt das Verhältnis der Länge zur Breite der Teilkanäle im Bereich von 1:1 bis 20:1, insbesondere von 8:1 bis 12:1, besonders bevorzugt etwa 10:1. Die Mikrostruktureinbauten sind vorzugsweise so ausgestaltet, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Eduktstroms bei Austritt 25 in die Mischzone sowohl größer ist als bei Eintritt in den Verbindungskanals und vorzugsweise auch größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit des Produktstroms durch die Mischzone.

30 Die auf den Platten aufgebrachten Verbindungs- und Teilkanäle sind in Freiform ausführbar. Sowohl die Platten als

auch jeder darauf enthaltene einzelne Kanal können in Höhe,  
Breite und Dicke variieren, um auch unterschiedliche Medien  
und Mengen fördern zu können. Die Grundform der Platten ist  
beliebig und kann rund z.B. kreisförmig oder elliptisch oder  
5 eckig, z.B. rechteckig oder quadratisch sein. Die Platten-  
form kann auch in Bezug auf eine möglichst einfache Her-  
stellung oder in Bezug auf ein möglichst geringes Gewicht  
und eine möglichst geringe ungenutzte Fläche optimiert sein.  
Die Ausgänge der Teilkanäle können in jeder beliebigen Weise  
10 angeordnet sein, von der geraden Linie bis zur beliebigen  
geometrischen Form. Die Austrittsöffnungen können z.B. auf  
einer kreisförmigen Linie angeordnet sein, insbesondere wenn  
die Mischzone von der Plattenebene vollständig umschlossen  
vorliegt. Es lassen sich zwei bzw. mehr als zwei Komponenten  
15 (A, B, C usw.) in einer Scheibe führen und diese mit  
gleichen oder unterschiedlichen Mengenverhältnissen mischen.  
Die Teilkanäle können zueinander oder bezogen auf die Linie,  
auf der die Ausgänge in die Mischzone liegen, in beliebigen  
Winkeln verlaufen. Es können mehrere Teilkanäle nebeneinan-  
der angeordnet werden, die jeweils z.B. Komponente A führen  
20 und im benachbarten Abschnitt derselben Scheibe können  
mehrere Teilkanäle nebeneinander angeordnet werden, die  
jeweils z.B. Komponente B führen. Die Bauteile können  
mittels zusätzlicher Durchbrüche und zusätzlicher Teilkanäle  
25 in den Platten jedoch auch so gestaltet sein, dass sich von  
Teilkanal zu Teilkanal die Komponenten A, B usw. in  
derselben Platte abwechseln.

Die Teilkanäle weisen an der Mündung in die Mischzone bevor-  
30 zugt eine Breite im Bereich von 1 µm bis 2 mm sowie eine  
Tiefe im Bereich von 10 µm bis 10 mm und besonders bevorzugt

eine Breite im Bereich von 5 µm bis 250 µm sowie eine Tiefe im Bereich von 250 µm bis 5 mm auf.

Der Verbindungskanal kann eine variable Breite haben.

- 5 Vorzugsweise ist das Verhältnis der größten Breite des Verbindungskanals und/oder der Breite der Eintrittsöffnung zur Breite der Teilkanäle an deren Austritt in die Mischzone größer 2, besonders bevorzugt größer 5. Das Verhältnis der Breite der Mischzone zur Breite der Teilkanäle ist vorzugsweise 10 größer 2, besonders bevorzugt größer 5.

Die plattenförmigen Bauteile können eine Dicke von 10 bis 15 1000 µm haben. Die Höhe der Kanäle ist vorzugsweise kleiner 1000 µm, besonders bevorzugt kleiner 250 µm. Die Wanddicke der Mikrostruktureinbauten und des Kanalbodens ist vorzugsweise kleiner 100 µm, besonders bevorzugt kleiner 70 µm.

In einer besonderen Ausführungsform ist mindestens eine der Eintritts- oder Austrittsöffnungen oder die Mischzone von 20 der Plattenebene vollständig umschlossen. Die Öffnungen liegen dann z.B. als runde oder eckige, z.B. rechteckige Ausnehmungen vor. Im Falle einer umschlossenen Mischzone ist die bevorzugte Form ellipsen- oder kreisförmig. Die Teilkanäle können sich in Form von Düsen in Richtung der Mischzone verjüngen. Die Teilkanäle können geradlinig oder 25 spiralförmig gebogen sein. Die Teilkanäle können rechtwinklig in Bezug auf die Umfangslinie der Mischzone in die Mischzone münden oder in einem von 90° verschiedenen Winkel. Bei nicht rechtwinkligem Verlauf sind bei der Bildung eines 30 Stapels aus mehreren Mischerplatten vorzugsweise jeweils Platten mit entgegengesetzter Abweichung vom rechten Winkel

benachbart. Ebenso sind bei spiralförmigem Verlauf der Teilkanäle bei der Bildung eines Stapels aus mehreren Mischerplatten vorzugsweise jeweils Platten mit entgegengesetzter Drehrichtung der Spirale benachbart.

5

Der Verbindungskanal zwischen den Öffnungen ist vorzugsweise durch eine Vertiefung ausgebildet. Die Eintritts- und/oder Austrittsöffnung oder die Mischzone können aber auch am Plattenrand oder durch Aussparungen am Plattenrand angeordnet sein.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform sind mindestens zwei Eintrittsöffnungen für mindestens zwei verschiedene Edukte vorhanden, wobei jede Eintrittsöffnung durch je einen Verbindungskanal mit der Mischzone verbunden ist. Dabei liegen vorzugsweise zwei Austrittsöffnungen für zwei verschiedene Edukte an gegenüberliegenden Seiten der Mischzone, wobei die Mischzone vorzugsweise vollständig umschlossen innerhalb der Plattenebene positioniert ist.

20

Als Material für die Bauteile eignen sich z.B. Metalle, insbesondere korrosionsbeständige Metalle wie z.B. Edelstahl, sowie Gläser, Keramik oder Kunststoff. Die Bauteile können hergestellt werden durch an sich bekannte Techniken zur Erzeugung von Mikrostrukturen auf Oberflächen, z.B. durch Ätzen oder Fräsen von Metallen oder durch Prägen oder Spritzen von Kunststoffen.

Ein erfindungsgemäßer statischer Mikromischer weist ein Gehäuse mit mindestens 2 Fluidzuführungen und mindestens einer Fluidabführung auf. In dem Gehäuse befinden sich

mindestens 2 zu einem Stapel angeordnete erfindungsgemäße, plattenförmige Mikromischerbauteile. Aus einer beliebigen Anzahl an Platten können Stapel erzeugt werden, die einen der Stapelhöhe entsprechenden Durchfluß realisieren lassen. Um an 5 jeder Stelle des Mischers denselben Druck zu gewährleisten, kann bei größeren Längen die Fluidzufuhr an mehreren Stellen erfolgen. Nuten oder Stege in bzw. auf den Platten können der Stapel- und Justierbarkeit dienen. Die Platten liegen so übereinander, dass die Eintrittsöffnungen Nebenkanäle zum Zu- 10 führen des jeweiligen Eduktstroms und die Austrittsöffnungen bzw. die Mischzonen zusammen einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden und sich die Haupt- und Nebenkanäle durch den Stapel erstrecken. Insgesamt kann der Mikromischer z.B. mindestens 5, 10, 100 oder auch mehr als 1000 Teilkanäle 15 aufweisen und besteht aus einem Stapel von mit jeweils mehreren Teilkanälen aufweisenden Platten.

Vorzugsweise ist jeder aus einer Austrittsöffnung einer Platte in die Mischzone austretende Teilstrom eines ersten 20 Edukts A einem aus einer Austrittsöffnung einer benachbarten Platte in die Mischzone austretenden Teilstroms eines zweiten Edukts B unmittelbar benachbart und es kommt in der Mischzone zu einer Vermischung durch Diffusion und/oder Turbulenz.

25 In einer Ausführungsform des Mikromischers sind die Verbindungskanäle der Platten durch Vertiefungen ausgebildet und die Verbindungskanäle werden vor der Mündung in die Mischzone durch auf den Platten angebrachte Mikrostruktureinheiten in Teilkanäle aufgespalten. In einer alternativen Ausführungs- 30 form sind die Verbindungskanäle der Platten durch Ausnehmungen in den Platten gebildet, wobei die Platten als Zwischen-

platten zwischen je einer Deck- und einer Bodenplatte angeordnet sind und die Verbindungskanäle vor der Mündung in die Mischzone durch an den Deck- und/oder Bodenplatten angebrachten Mikrostruktureinheiten in Teilkanäle aufgespalten werden.

- 5 In die erfindungsgemäßen Mikromischer können zur Wärmezu- oder -abführung Wärmetauscher integriert sein.

Der erfindungsgemäße Mikromischer eignet sich vor allem auch für die chemische Reaktion gasförmiger Komponenten, insbe-

- 10 sondere für Verbrennungsreaktionen. Gegenstand der Erfindung ist deshalb auch ein Verbrennungsreaktor, z.B. ein Gas- oder Öl**brenner**. Der Verbrennungsreaktor weist einen erfindungsgemäßen Mikromischer als wesentlichen Bestandteil sowie mindestens einen ersten Anschluß zur Zuführung eines brennbaren

- 15 flüssigen oder gasförmigen Mediums und mindestens einen zweiten Anschluß zur Zuführung eines die Verbrennungsreaktion fördernden, sauerstoffhaltigen Mediums, z.B. Luft auf. Die Zufuhr dieser Komponenten kann so gestaltet werden, dass bestimmte, die Reaktion charakterisierende Größen optimiert

- 20 werden. Dies gilt insbesondere für die Flammtemperatur und die durch die Reaktionen entstehenden Produkte. Im Fall der Verbrennung von Brenngas (z.B. Methan) mit atmosphärischer Luft kann die Bildung von Stickoxiden durch Senkung der Verbrennungstemperatur minimiert werden. Die Flamme kann

- 25 durch geeignete konvexe oder konkave Anordnung der Austrittsöffnungen konzentriert oder auch divergierend ausgebildet werden. Durch geeignete Anordnung der Kanäle lassen sich auch örtlich begrenzte Stützflammen realisieren, die von einem der Nebenkanäle mit konstantem Gasdruck versorgt werden. Durch 30 Zuschaltung der anderen Nebenkanäle läßt sich dann die Reaktion starten. Auch zylinderförmige Reaktionskammern

(Mischzonen) zur Erzeugung von düsenähnlichen Brennern sind möglich. Neben gleichartigen Medien wie Gas/Gas lassen sich auch verschiedenartige Medien wie Gas/Flüssigkeit durchmischen, insbesondere zur Verbrennung von brennbaren Flüssigkeiten wie z.B. Benzin oder Öl.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zum Mischen fluider Komponenten, wobei mindestens zwei zunächst getrennt gehaltene, fluide Eduktströme miteinander vermischt werden und die Vermischung unter Verwendung mindestens eines erfindungsgemäßen Bauteils bzw. eines erfindungsgemäßen statischen Mikromischers erfolgt. Hierbei ist vorzugsweise die Strömungsgeschwindigkeit des Eduktstroms oder der Eduktströme in die Mischzone größer als die Strömungsgeschwindigkeit der Produktmischung innerhalb der Mischzone. Besonders bevorzugt sind Ausgestaltungen des Mischers sowie Strömungsgeschwindigkeiten, bei denen in der Mischzone Turbulenz erzeugt wird und die Mischung in der Mischzone zumindest teilweise durch Turbulenz erfolgt.

Das erfindungsgemäße Mischverfahren umfaßt insbesondere auch Verfahren zum Homogenisieren, zur Herstellung von Dispersio-  
nen, Emulsionen oder Lösungen sowie zum Begasen von Flüssig-  
keiten. Hierfür wird eine kontinuierliche flüssige Phase mit  
mindestens einer unlöslichen, zu dispergierenden fluiden Phase oder mit mindestens einer löslichen fluiden Phase unter Verwendung mindestens eines erfindungsgemäßen Bauteils oder eines erfindungsgemäßen statischen Mikromischers vermischt. Die beiden Phasen können entweder über verschiedene Neben-  
kanäle zugeführt werden oder eine der Phasen (vorzugsweise

die kontinuierliche Phase) wird durch den Hauptkanal und eine zweite Phase über einen Nebenkanal zugeführt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Durchführung chemischer Reaktionen, wobei

- mindestens zwei zunächst getrennt gehaltene fluide Eduktströme, welche reaktionsfähige Komponenten enthalten oder daraus bestehen, miteinander vermischt werden und wobei
- während oder nach Vermischung spontan oder durch Energiezufuhr oder mittels geeigneter Katalysatoren induziert eine chemische Reaktion der Komponenten abläuft

und wobei die Vermischung unter Verwendung mindestens eines erfindungsgemäßen Bauteils oder mindestens eines erfindungsgemäßen statischen Mikromischers erfolgt.

15

Zur Erhöhung der Kapazität der erfindungsgemäßen Verfahren kann die Anzahl der Kanäle in den Platten erhöht werden oder die Anzahl der übereinandergeschichteten Platten in einem Mikromischer kann erhöht werden oder es können mehrere Mikromischer modulartig parallel zusammengeschaltet betrieben werden. Es können auch zwei oder mehrere Mikromischer in Reihe geschaltet hintereinander betrieben werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn dabei zunächst mit einem Mikromischer mit größeren Kanaldurchmessern eine größere Vormischung erzeugt wird und nachfolgende Mikromischer zunehmend kleinere Kanaldurchmesser aufweisen.

Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen erfindungsgemäßer Bauteile und Mikromischer anhand von

30 Zeichnungen erläutert.

Fig. 1a-b Mischplatten mit zwei Eintrittsöffnungen für zwei Eduktströme wobei Ein- und Austrittsöffnungen umschlossen sind

5 Fig. 1c Mischplatte mit einer einzigen Eintrittsöffnung, wobei Ein- und Austrittsöffnungen umschlossen sind

Fig. 1d Mischplatte mit jeweils umschlossener Eintritts-, Durchtritts- und Austrittsöffnung

10 Fig. 2a-c Mischplatten mit drei Eintrittsöffnungen für bis zu drei verschiedene Eduktströme wobei Ein- und Austrittsöffnungen umschlossen sind

Fig. 3a-b Mischplatten mit zwei Eintrittsöffnungen am Plattenrand für zwei Eduktströme und umschlossener Austrittsöffnung

15 Fig. 3c-d Mischplatten mit vier Eintrittsöffnungen am Plattenrand für bis zu vier verschiedene Eduktströme und umschlossener Austrittsöffnung

20 Fig. 4a-f Mischplatten mit je einer umschlossenen Eintritts- und Durchtrittsöffnung für zwei Eduktströme und Austrittsöffnung am Plattenrand

Fig. 5a-b Mischplatten mit je einer umschlossenen Eintrittsöffnung und zwei umschlossenen Durchtrittsöffnungen für bis zu drei verschiedene Eduktströme und Austrittsöffnung am Plattenrand

25 Fig. 6a Längsschnitt des schematischen Aufbaus eines als Mikroreaktor einsetzbaren statischen Mikromischers

Fig. 6b Mischerscheibe in einem offenen Gehäuse

30 Fig. 7a-b Mischplatten mit umschlossenen Ein- und Durchtrittsöffnungen und zusätzlichen Teilkanälen, wobei benachbarte Teilkanäle von verschiedenen Edukten durchströmt werden können

Fig. 8a,c Mischplatten mit umschlossenen Ein- und Durchtrittsöffnungen und zusätzlichen Teilkanälen, wobei benachbarte Teilkanäle von verschiedenen Edukten durchströmt werden können

- 5 Fig. 8b Mischplatte mit umschlossener Eintrittsöffnung und drei umschlossenen Durchtrittsöffnungen und zusätzlichen Teilkanälen, wobei benachbarte Teilkanäle von verschiedenen Edukten durchströmt werden können
- 10 Fig. 9 Mikromischer mit Gehäuse und einem Stapel aus mehreren Mischplatten

Eine Ausführungsform ist in Fig. 1a und Fig. 1b dargestellt. Die Platten (1) weisen je zwei umschlossene Eintrittsöffnungen (2) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Vertiefungskanal (3) wird durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen (4) in eine umschlossene Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die Mischzone (5) herum angeordnet. Mischzone (5) und Eintrittsöffnungen (2) sind als Durchbrüche in den Platten ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten sind beispielhaft spiralförmig gebogen ausgebildet, wobei die Spiralen in Fig. 1a und Fig. 1b entgegengesetzten Drehsinn haben. Die Mikrostruktureinheiten können aber auch geradlinig, ungebogen ausgebildet sein. Wenn die Platten rund ausgebildet sind, weisen sie vorzugsweise am Rand Aussparungen (8) auf, welche mit Halterungselementen (14) in einem Gehäuse (11) zusammenwirken können,

um ein Verdrehen oder Verrutschen der Platten zu vermeiden. Die Platten können aber auch eckig, vorzugsweise viereckig, z.B. quadratisch ausgebildet sein. Dann können die Aussparungen und Halterungselemente entfallen. Durch die zwei Eintrittsöffnungen (2) können zwei verschiedene Eduktströme in einer Ebene der Mischzone (5) zugeführt werden, wobei die den beiden verschiedenen Eduktströmen zugeordneten Austrittsöffnungen vorzugsweise einander gegenüber liegen. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinander liegenden Bauteilen auf, wobei sich Platten gemäß Fig. 1a mit solchen gemäß Fig. 1b abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABAB usw. ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass die Eintrittsöffnungen Nebenkanäle zum Zuführen des jeweiligen Eduktstroms und die Mischzonen einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 1c dargestellt. Die Platte (1) weist eine einzige umschlossene Eintrittsöffnung (2) auf, welche mit einem in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden ist. Der Vertiefungskanal (3) wird durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen (4) in die Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die Mischzone (5)

herum angeordnet. Mischzone (5) und Eintrittsöffnung (2) sind als Durchbrüche in der Platte ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten sind beispielhaft spiralförmig gebogen ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten können aber auch 5 geradlinig, ungebogen oder in beliebigen anderen geometrischen Formen ausgebildet sein. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinander liegenden Bauteilen auf. In dem Stapel liegen die Platten so über- einander, dass die Eintrittsöffnungen einen Nebenkanal zum 10 Zuführen eines Eduktstroms und die Mischzonen einen Haupt- kanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Haupt- kanal kann eine der zu vermischenden Komponenten, vorzugs- weise ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden. Diese Ausführungsform ist 15 z.B. besonders geeignet zum Begasen von Flüssigkeiten oder zur Herstellung von Dispersionen. Hierbei wird die zu begasende Flüssigkeit bzw. das Dispersionsmedium über den zentralen Hauptkanal zugeführt und das Gas bzw. der zu dispergierende Stoff wird über den Nebenkanal zugeführt.

20 Vorteilhafterweise kann der Plattenstapel einen Aufbau mit alternierender Schichtstruktur haben, wobei abwechselnd Platten aufeinanderliegen, die spiralförmige Mikrostruktur- einheiten (6) mit entgegengesetzter Drehrichtung aufweisen. Es kann aber auch nur ein einziger Plattentyp verwendet 25 werden. Die Mikrostruktureinheiten sind dann vorzugsweise geradlinig ausgebildet und so geformt, dass die Teilkanäle Düsen bilden.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 1d dargestellt.  
30 Die Platte (1) weist eine umschlossene Eintrittsöffnung (2), eine umschlossene Mischzone (5) und eine umschlossene

Durchtrittsöffnung (9) auf. Die Eintrittsöffnung (2) ist mit einem in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden, welcher durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von 5 Teilkanälen (7) aufgespalten wird. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen (4) in die Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die Mischzone (5) herum angeordnet. Mischzone (5), Eintrittsöffnung (2) und Durchtrittsöffnung (9) sind als Durchbrüche in der Platte ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten sind beispielhaft spiralförmig gebogen ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten können aber auch geradlinig, ungebogen oder in beliebigen anderen geometrischen Formen ausgebildet sein. Mit zusätzlichen Einbauten (10) im Verbindungs- 10 kanal können die Strömungsverhältnisse im Verbindungskanal (3) optimiert werden. Wenn die Platten rund ausgebildet sind, weisen sie vorzugsweise am Rand Aussparungen (8) auf, welche mit Halterungselementen (14) in einem Gehäuse (11) zusammenwirken können, um ein Verdrehen oder Verrutschen der 15 Platten zu vermeiden. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei Platten gemäß Fig. 1d abwechselnd um 180° verdreht übereinander liegen. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- 20 und untereinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass sich Eintrittsöffnungen (2) und Durchtrittsöffnungen (9) abwechseln und zwei Nebenkanäle zum Zuführen von zwei Eduktströmen bilden und die Mischzonen einen Hauptkanal zum Abführen des 25 Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes 30

Fluid zugeführt werden. Vorteilhafterweise kann der Plattenstapel einen Aufbau mit alternierender Schichtstruktur haben, wobei abwechselnd Platten aufeinanderliegen, die spiralförmige Mikrostruktureinheiten (6) mit entgegengesetzter Drehrichtung aufweisen. Es kann aber auch nur ein einziger Plattentyp verwendet werden. Die Mikrostruktureinheiten sind dann vorzugsweise geradlinig ausgebildet und so geformt, dass die Teilkanäle Düsen bilden.

10 Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 2a bis 2c dargestellt. Die Platten (1) weisen je drei umschlossene Eintrittsöffnungen (2) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Vertiefungs-  
15 kanal (3) wird durch mindestens eine Mikrostruktureinheit (6) in mindestens zwei Teilkanäle (7) aufgespalten. Durch eine größere Anzahl an Mikrostruktureinbauten kann eine Aufspaltung in eine entsprechend größere Anzahl an Teil-kanälen erfolgen. Die Teilkanäle (7) münden durch die  
20 Austrittsöffnungen (4) in die Mischzone (5). Die Austritts-öffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die Mischzone (5) herum angeordnet. Mischzone (5) und Eintritts-öffnungen (2) sind als Durchbrüche in den Platten ausgebil-det. Die Mikrostruktureinheiten können spiralförmig mit  
25 verschiedenen Drehrichtungen oder geradlinig ausgebildet sein. Durch die drei Eintrittsöffnungen (2) können gleiche oder bis zu drei verschiedene Eduktströme in einer Ebene der Mischzone (5) zugeführt werden. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden  
30 Bauteilen auf, wobei sich die verschiedenen Plattentypen gemäß Fig. 2a, 2b und 2c abwechseln und sich ein Aufbau mit

alternierender Schichtstruktur, z.B. ABCABC ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass jeweils zwei verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen 5 die Platten so übereinander, dass die Eintrittsöffnungen Nebenkanäle zum Zuführen des jeweiligen Eduktstroms und die Mischzonen einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt 10 werden.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 3a und Fig. 3b dargestellt. Die Platten (1) weisen je zwei am Plattenrand positionierte Eintrittsöffnungen (2) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Vertiefungskanal (3) wird durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen (4) in eine umschlossene Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer geraden Linie angeordnet. Die Mischzone (5) ist beispielhaft als rechteckiger Durchbruch in den Platten ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten sind beispielhaft schräg zur Fließrichtung ausgebildet, wobei die Schrägen in Fig. 1a und Fig. 1b entgegengesetzte Richtung aufweisen. Die Mikrostruktureinheiten können aber auch jeweils mit gleicher oder keiner Schräge ausgebildet sein. Die Platten haben in etwa quadratische Grundform, können aber auch jede beliebige andere geometrische Grundform (eckig, rund, elliptisch etc.) haben. Durch die zwei Eintrittsöffnungen (2) können zwei verschiedene Eduktströme 15 20 25 30

in einer Ebene der Mischzone (5) zugeführt werden, wobei die den beiden verschiedenen Eduktströmen zugeordneten Austrittsöffnungen bevorzugt einander gegenüber liegen. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, 5 aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei sich Platten gemäß Fig. 3a mit solchen gemäß Fig. 3b abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABAB ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone 10 (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass die Eintrittsöffnungen zusammen mit dem Mischergehäuse am Rand des Mischers Nebenkanäle zum Zuführen des jeweiligen Eduktstroms und die Mischzonen einen Hauptkanal im Innern des Mischers zum 15 Abführen des Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 3c und Fig. 3d 20 dargestellt. Die Platten (1) weisen je vier am Plattenrand positionierte Eintrittsöffnungen (2) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Vertiefungskanal (3) wird durch mehrere Mikrostruktur- 25 einheiten (6) in mehrere Teilkanäle (7) aufgespalten. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen (4) in eine umschlossene Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer Kreislinie angeordnet. Die Verbindungskanäle sind spiralförmig gebogen, wobei der Drehsinn der Spiralen 30 in Fig. 3c und Fig. 3d entgegengesetzt sind. Die Mischzone (5) ist als Durchbruch in den Platten ausgebildet. Die

Mikrostruktureinheiten sind beispielhaft gerade ausgebildet, können aber auch schräg oder spiralförmig gebogen sein. Die Platten haben in etwa quadratische Grundform, können aber auch jede beliebige andere geometrische Grundform (eckig, 5 rund, elliptisch etc.) haben. Durch die vier Eintrittsöffnungen (2) können gleiche oder bis zu vier verschiedene Eduktströme in einer Ebene der Mischzone (5) zugeführt werden, wobei die verschiedenen Eduktströmen zugeordneten Austrittsöffnungen bevorzugt einander gegenüber liegen. Ein 10 Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei sich Platten gemäß Fig. 3c mit solchen gemäß Fig. 3d mit entgegengesetztem Drehsinn der spiralartig gebogenen Verbindungskanäle abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABAB ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass zwei 15 verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass die Eintrittsöffnungen zusammen mit dem Mischergehäuse am Rand des Mischers Nebenkanäle zum Zuführen des jeweiligen Eduktstroms und die Mischzonen einen Hauptkanal im Innern des 20 Mischers zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden.

25 Weitere Ausführungsformen sind in Fig. 4a bis 4f dargestellt. Die Platten (1) weisen je eine umschlossene Eintrittsöffnung (2) und je eine umschlossene Durchtrittsöffnung (9) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in 30 der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Verbindungskanal (3) wird

durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine  
Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten. Die Teilkanäle  
(7) münden durch am Rand der Platten angeordnete Austritts-  
öffnungen (4) in eine außerhalb der Plattenfläche liegende  
5 Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) können auf geraden  
Linien (Fig. 4e, 4f) oder auf Bogensegmenten angeordnet  
sein, wobei die Bogensegmente konvex (Fig. 4a, 4b) oder  
konkav (Fig. 4c, 4d) sein können. Die Eintrittsöffnungen (2)  
und die Durchtrittsöffnungen (9) sind als Durchbrüche in den  
10 Platten ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten können  
parallel oder in verschiedenen Winkeln zur durch den Verbin-  
dungskanal vorgegebenen Fließrichtung angestellt sein. Wenn  
die Platten rund ausgebildet sind, weisen sie vorzugsweise  
am Rand Aussparungen (8) auf, welche mit Halterungselementen  
15 (14) in einem Gehäuse (11) zusammenwirken können, um ein  
Verdrehen oder Verrutschen der Platten zu vermeiden. Ein  
Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren,  
aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei sich Platten gemäß  
Fig. 4a mit solchen gemäß Fig. 4b, bzw. Platten gemäß Fig.  
20 4c mit solchen gemäß Fig. 4d, bzw. Platten gemäß Fig. 4e mit  
solchen gemäß Fig. 4f jeweils abwechseln und sich ein Aufbau  
mit alternierender Schichtstruktur ABAB ergibt. Hierdurch  
wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme unmittel-  
bar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5)  
25 zugeführt werden können. Vorzugsweise sind die Winkel der  
Teilkanäle bei der Mündung in die Mischzone in Relation zur  
Umfangslinie der Mischzone in benachbarten Platten verschie-  
den, besonders bevorzugt haben sie entgegengesetzte Abwei-  
chungen von 90°. In dem Stapel liegen die Platten so über-  
30 einander, dass sich Eintrittsöffnungen (2) und Durchtritts-  
öffnungen (9) abwechseln und zwei im Innern des Mixers

liegende Nebenkanäle zum Zuführen von zwei Eduktströmen bilden. Die Mischzone kann mit einem Gehäuse einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden, sie kann aber auch zur Umgebung offen sein. Die nach außen offene Bauweise 5 ist insbesondere bevorzugt, wenn es sich bei dem Mikromischer um einen Mikroreaktor zur Verbrennung fluider Medien, z.B. brennbarer Gase oder Flüssigkeiten handelt. Eine als Gasreaktor ausgebildete Ausführungsform weist mindestens einen ersten Anschluß zur Zuführung eines brenn- 10 baren Mediums und mindestens einen zweiten Anschluß zur Zuführung eines die Verbrennungsreaktion fördernden Mediums, insbesondere eines sauerstoffhaltigen Gases, wie z.B. Luft auf. Die Zuführung des brennbaren Mediums und des die Verbrennung fördernden Mediums kann über jeweils einen der 15 beiden Nebenkanäle erfolgen.

Weitere Ausführungsformen sind in Fig. 5a und Fig. 5b dargestellt. Die Platten (1) weisen je eine umschlossene Eintrittsöffnung (2) und je zwei umschlossene Durchtritts- 20 öffnungen (9) auf. Jede Eintrittsöffnung (2) ist mit je einem, in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden. Jeder Verbindungskanal (3) wird durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten. Die 25 Teilkanäle (7) münden durch am Rand der Platten angeordnete Austrittsöffnungen (4) in eine außerhalb der Plattenfläche liegende Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) können auf geraden Linien (Fig. 5a) oder auf Bogensegmenten (Fig. 5b) angeordnet sein, wobei die Bogensegmente konvex oder 30 konkav sein können. Die Eintrittsöffnungen (2) und die Durchtrittsöffnungen (9) sind als Durchbrüche in den Platten

ausgebildet. Die Mikrostruktureinheiten können parallel oder in verschiedenen Winkeln zur durch den Verbindungskanal vorgegebenen Fließrichtung angestellt sein. Wenn die Platten rund ausgebildet sind, weisen sie vorzugsweise am Rand 5 Aussparungen (8) auf, welche mit Halterungselementen (14) in einem Gehäuse (11) zusammenwirken können, um ein Verdrehen oder Verrutschen der Platten zu vermeiden. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinander liegenden Bauteilen auf, wobei sich Platten der drei 10 verschiedenen Typen gemäß Fig. 5a bzw. 5b jeweils abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABCABC ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass jeweils verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5) zugeführt werden können.

15 Vorzugsweise sind die Winkel der Teilkänele bei der Mündung in die Mischzone in Relation zur Umfangslinie der Mischzone in benachbarten Platten verschieden, besonders bevorzugt haben sie entgegengesetzte Abweichungen von 90°. In dem Stapel liegen die Platten (1) so übereinander, dass sich 20 Eintrittsöffnungen (2) und Durchtrittsöffnungen (9) abwechseln und drei im Innern des Mischers liegende Nebenkanäle zum Zuführen von bis zu drei verschiedenen Eduktströmen bilden. Die Mischzone (5) kann mit einem Gehäuse einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden, sie 25 kann aber auch zur Umgebung offen sein. Die nach außen offene Bauweise ist insbesondere bevorzugt, wenn es sich bei dem Mikromischer um einen Mikroreaktor zur Verbrennung flüssiger Medien, z.B. brennbarer Gase oder Flüssigkeiten handelt.

30 In Fig. 6a ist in Form eines Längsschnitts der schematische Aufbau einer Ausführungsform eines statischen Mikromischers

- dargestellt. Ein Gehäuse (11) weist Fluidzuführungen (12a) auf. In dem Gehäuse (11) ist ein Stapel aus mehreren erfundungsgemäßen Mischerplatten (1) enthalten. Die Ein- und/oder Durchtrittsöffnungen der Platten können mittels einer vorzugsweise senkrecht zur Plattenebene beweglichen Verschlußvorrichtung (13a) verschlossen und geöffnet werden. Der Mikromischer kann als Reaktor zur Durchführung chemischer Reaktion, insbesondere als Gasbrenner eingesetzt werden.
- 10 Bei Verbrennungsreaktoren kann die Mischzone, in der die Verbrennungsreaktion abläuft, außerhalb des Gehäuses liegen. Bei anderen chemischen Reaktoren und Mischern kann die Mischzone innerhalb des Gehäuses liegen und die Mischung kann über eine geeignete Fluidabführung abgeführt werden.
- 15 Bei Verbrennungsreaktoren ist vorzugsweise in räumlicher Nähe zur Mischzone ein geeigneter Zündmechanismus und/oder eine Start- oder Stützflamme angeordnet.

In Fig. 6b ist der Querschnitt eines statischen Mischers dargestellt. In einem Gehäuse (11) ist eine Mischerplatte (1) eingebaut, die mittels Aussparungen (8) und Halterungselementen (14) in Position gehalten wird. Als Mischerplatte ist beispielhaft eine solche gemäß Fig. 5a dargestellt.

25 Weitere, bevorzugte Ausführungsformen sind in Fig. 7a-b und Fig. 8a-c dargestellt. Bei diesen Ausführungsformen weisen die Platten (1) nebeneinanderliegende Teilkanäle (7) und (13) auf, die abwechselnd von verschiedenen Eduktströmen durchströmt werden können und so verschiedene Eduktströme in einer Ebene unmittelbar benachbart der Mischzone (5) zugeführt werden können.

Die in Fig. 7a dargestellten Platten (1) weisen jeweils eine umschlossene Eintrittsöffnung (2), eine umschlossene Mischzone (5) und eine umschlossene Durchtrittsöffnung (9) auf.

5 Die Eintrittsöffnung (2) ist mit einem in der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbindungskanal (3) verbunden, welcher durch eine Vielzahl von Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen (7) aufgespalten wird. Die Teilkanäle (7) münden durch die Austrittsöffnungen  
10 (4) in die Mischzone (5). Die Austrittsöffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die Mischzone (5) herum angeordnet. Mischzone (5), Eintrittsöffnung (2) und Durchtrittsöffnung (9) sind als Durchbrüche in der Platte ausgebildet. In den Mikrostruktureinheiten (6) sind vertieft  
15 ausgebildete weitere Teilkanäle (13) integriert, welche gegenüber dem Verbindungskanal (3) abgeschirmt sind und in die Mischzone (5) münden. Die Teilkanäle (7) und die weiteren Teilkanäle (13) sind abwechselnd benachbart angeordnet. Die Platten weisen zusätzliche Durchbrüche (12) auf, wobei  
20 die Anzahl der Durchbrüche (12) und die Anzahl der zusätzlichen Teilkanäle (13) gleichgroß sind. Die Durchbrüche (12) sind so angeordnet, dass sie, wenn eine Platte (1) um 180° verdreht auf eine zweite Platte (1) gelegt wird, jeweils oberhalb der zusätzlichen Teilkanäle (13) der darunter  
25 liegenden Platte liegen. Ein durch die Eintrittsöffnung (2) in den Verbindungskanal (3) strömender Eduktstrom kann durch die Durchbrüche (12) in einen zusätzlichen Teilkanal (13) einer darunterliegenden Platte fließen. Die Winkel benachbarter Teilkanäle (7) und (13) zueinander und in Bezug auf  
30 die Umfangslinie der Mischzone können verschieden sein. In Fig. 7a haben die Winkel der Teilkanäle (7) gegenüber den

Winkeln der zusätzlichen Teilkanäle (13) in Bezug auf die Umfangslinie der Mischzone (5) entgegengesetzte Abweichungen von 90°. Dadurch weisen die Austrittsöffnungen von je zwei Teilkanälen paarweise aufeinander zu. Dadurch können zwei verschiedene Eduktströme aufeinander zugeführt werden. Die Teilkanäle können aber auch parallel im rechten Winkel oder schräg zur Mischzone verlaufen. Fig. 7a zeigt nebeneinander zwei identische, um 180° verdrehte Platten (1). Fig. 7b zeigt schematisch zwei um 180° verdreht aufeinandergelegte Platten. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei Platten gemäß Fig. 7a abwechselnd um 180° verdreht übereinander liegen. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme sowohl unmittelbar benachbart über- und untereinander als auch unmittelbar benachbart nebeneinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass sich Eintrittsöffnungen (2) und Durchtrittsöffnungen (9) abwechseln und zwei Nebenkanäle zum Zuführen von zwei Eduktströmen bilden und die Mischzonen einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Hauptkanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden. Außerdem liegen die Platten so übereinander, dass jeder zusätzliche Durchbruch (12) einer Platte mit je einem zugehörigen zusätzlichen Teilkanal (13) einer benachbarten Platte kommunizierend verbunden ist.

In Fig. 8a ist eine Ausführungsform ähnlich derjenigen der Fig. 7a dargestellt, mit dem Unterschied, dass die Teilkanäle (7) und die zusätzlichen Teilkanäle (13) parallel in gleichen Winkeln der Mischzone (5) schräg zugeführt werden.

Die linke Platte der Fig. 8a unterscheidet sich dabei von der rechten Platte dadurch, dass der Winkel der Teilkanäle (7) und (13) zur Umfangslinie der Mischzone (5) eine entgegengesetzte Abweichung von  $90^\circ$  aufweist. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinander liegenden Bauteilen auf, wobei sich linke und rechte Platten gemäß Fig. 8a abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABAB ergibt. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme unmittelbar benachbart über- und untereinander der Mischzone (5) in entgegengesetzten Winkeln zugeführt werden können.

In Fig. 8c ist eine Ausführungsform ähnlich derjenigen der Fig. 8a dargestellt, mit dem Unterschied, dass die Teilkanäle (7) und die zusätzlichen Teilkanäle (13) parallel und senkrecht zur Mischzone (5) zugeführt werden. Ein Mikromischer weist vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei sich linke und rechte Platten gemäß Fig. 8c abwechseln und sich ein Aufbau mit alternierender Schichtstruktur ABAB ergibt. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass sich Eintrittsöffnungen (2) und Durchtrittsöffnungen (9) abwechseln und zwei Nebenkanäle zum Zuführen von zwei Eduktströmen bilden und die Mischzonen einen Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Außerdem liegen die Platten so übereinander, dass jeder zusätzliche Durchbruch (12) einer Platte mit je einem zugehörigen zusätzlichen Teilkanal (13) einer benachbarten Platte kommunizierend verbunden ist. Hierdurch wird erreicht, dass zwei verschiedene Eduktströme sowohl unmittelbar benachbart über- und untereinander als

auch unmittelbar benachbart nebeneinander der Mischzone (5) zugeführt werden können.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 8b dargestellt. Eine  
5 Platte (1) weist eine umschlossene Eintrittsöffnung (2), drei  
umschlossene Durchtrittsöffnungen (9) und eine umschlossene  
Mischzone (5) auf. Die Eintrittsöffnung (2) ist mit einem in  
der Plattenebene durch eine Vertiefung ausgebildeten Verbin-  
dungskanal (3) verbunden, welcher durch eine Vielzahl von  
10 Mikrostruktureinheiten (6) in eine Vielzahl von Teilkanälen  
(7) aufgespalten wird. Die Teilkanäle (7) münden durch die  
Austrittsöffnungen (4) in die Mischzone (5). Die Austritts-  
öffnungen (4) sind auf einer kreisförmigen Linie um die  
Mischzone (5) herum angeordnet. Mischzone (5), Eintritts-  
15 öffnung (2) und Durchtrittsöffnung (9) sind als Durchbrüche  
in der Platte ausgebildet. In den Mikrostruktureinheiten (6)  
sind vertieft ausgebildete weitere Teilkanäle (13) inte-  
griert, welche gegenüber dem Verbindungskanal (3) abgeschirmt  
sind und in die Mischzone (5) münden. Die Teilkanäle (7) und  
20 die weiteren Teilkanäle (13) sind abwechselnd benachbart  
angeordnet. Die Platten weisen zusätzliche Durchbrüche (12)  
auf, wobei die Anzahl der Durchbrüche (12) und die Anzahl der  
zusätzlichen Teilkanäle (13) gleichgroß sind. Die Durchbrüche  
(12) sind so angeordnet, dass sie, wenn eine Platte (1) um  
25 90° verdreht auf eine zweite Platte (1) gelegt wird, jeweils  
oberhalb der zusätzlichen Teilkanäle (13) der darunter  
liegenden Platte liegen. Ein durch die Eintrittsöffnung (2)  
in den Verbindungskanal (3) strömender Eduktstrom kann durch  
die Durchbrüche (12) in einen zusätzlichen Teilkanal (13)  
30 einer darunterliegenden Platte fließen. Die Winkel benachbar-  
ter Teilkanäle (7) und (13) zueinander und in Bezug auf die

Umfangslinie der Mischzone können verschieden sein. In Fig. 8b haben die Winkel der Teilkanäle (7) gegenüber den Winkeln der zusätzlichen Teilkanäle (13) in Bezug auf die Umfangs- linie der Mischzone (5) eine von  $90^\circ$  entgegengesetzte

- 5 Abweichung. Dadurch weisen die Austrittsöffnungen von je zwei Teilkanäle paarweise aufeinander zu. Dadurch können zwei verschiedene Eduktströme aufeinander zugeführt werden. Die Teilkanäle können aber auch parallel im rechten Winkel oder schräg zur Mischzone verlaufen. Ein Mikromischer weist  
10 vorzugsweise einen Stapel von mehreren, aufeinanderliegenden Bauteilen auf, wobei Platten gemäß Fig. 8b in beliebiger Reihenfolge um  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  oder  $270^\circ$  verdreht übereinander liegen. Hierdurch wird erreicht, dass verschiedene Edukt- ströme sowohl unmittelbar benachbart über- und untereinander  
15 als auch unmittelbar benachbart nebeneinander der Mischzone (5) zugeführt werden können. Insgesamt können bis zu vier verschiedene Edukte mit dem Mikromischer vermischt werden. In dem Stapel liegen die Platten so übereinander, dass sich Eintrittsöffnungen (2) und Durchtrittsöffnungen (9) ab-  
20 wechseln und insgesamt vier Nebenkanäle zum Zuführen von bis zu vier Eduktströmen bilden und die Mischzonen einen Haupt- kanal zum Abführen des Produktstroms bilden. Über den Haupt- kanal kann aber auch ein die spätere kontinuierliche Phase der Mischung bildendes Fluid zugeführt werden. Außerdem  
25 liegen die Platten so übereinander, dass jeder zusätzliche Durchbruch (12) einer Platte mit je einem zugehörigen zusätzlichen Teilkanal (13) einer benachbarten Platte kommunizierend verbunden ist.
- 30 In Fig. 9 ist beispielhaft eine mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mikromischers in einer Explosions-

darstellung dargestellt. Ein Gehäuse (11) enthält einen Stapel an erfindungsgemäßen Bauteilen in Form von Platten (1). Dargestellt ist beispielhaft ein Stapel aus mehreren Platten gemäß Fig. 8a, es können aber auch andere erfindungsgemäße Platten verwendet werden, wobei gegebenenfalls die Gehäuseform, Anzahl und Position der Fluidzuführungen etc. anzupassen sind. Die Platten (1) werden so eingesetzt, dass die Aussparungen (8) mit den Halterungselementen (14) zusammenwirken, um ein Verdrehen der Platten zu verhindern. Das Gehäuse weist zwei Fluidzuführungen (12a) zur Zuführung der Edukte auf. Das Gehäuse kann mit einem Deckel (15) verschlossen werden, welcher eine Fluidabführung (16) aufweist.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Platte
- 2 Eintrittsöffnung
- 5 3 Verbindungskanal
- 4 Austrittsöffnung
- 5 Mischzone
- 6 Mikrostruktureinheit
- 7 Teilkanal
- 10 8 Aussparung
- 9 Durchtrittsöffnung
- 10 Einbauten
- 11 Gehäuse
- 12 Durchbruch
- 15 12a Fluidzuführung
- 13 zusätzlicher Teilkanal
- 13a Verschlußvorrichtung
- 14 Halterungselement
- 15 Deckel
- 20 16 Fluidabführung

**Patentansprüche**

1. Bauteil für einen statischen Mikromischer in Form einer Platte (1), welche
  - 5 - mindestens eine Eintrittsöffnung (2) für den Eintritt mindestens eines Eduktstroms in einen in der Platten-ebene liegenden Verbindungskanal (3) und mindestens eine Austrittsöffnung (4) für den Austritt des Edukt-stroms in eine in der Plattenebene liegende Mischzone (5) aufweist,
  - wobei die Eintrittsöffnung (2) mit der Austrittsöff-nung (4) durch den in der Plattenebene liegenden Verbindungskanal (3) kommunizierend verbunden ist und
  - wobei der Verbindungskanal (3) vor der Mündung in die 15 Mischzone (5) durch Mikrostruktureinheiten (6) in zwei oder mehr Teilkanäle (7) aufgespalten wird, wobei die Breiten der Teilkanäle im Millimeter bis Submillimeter-bereich liegen und kleiner sind als die Breite der Mischzone (5).
- 20 2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Breiten der Teilkanäle (7) an der Mündung in die Misch-zone 1 µm bis 2 mm betragen.
- 25 3. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der größten Breite des Verbindungs-kanals (3) und/oder der Breite der Eintrittsöffnung (2) zur Breite der Teilkanäle (7) größer 2 ist.

4. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Länge zur Breite der Teilkänele (7) von 1:1 bis 20:1 beträgt.
5. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Breite der Mischzone (5) zur Breite der Teilkänele (7) größer 2 ist.
6. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es zusätzlich mindestens eine Durchtrittsöffnung (9) aufweist.
7. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Eintritts- (2) oder Durchtrittsöffnungen (9) oder die Mischzone (5) von der Plattenebene umschlossen vorliegt und der Verbindungskanal (3) durch eine Vertiefung ausgebildet ist.
8. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Eintritts- (2) oder Durchtrittsöffnungen (9) oder die Mischzone (5) am Plattenrand oder durch Aussparungen am Plattenrand angeordnet ist.
9. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Eintrittsöffnungen (2) für mindestens zwei verschiedene Edukte vorhanden sind, wobei jede Eintrittsöffnung (2) durch je einen Verbindungskanal (3) mit der Mischzone (5) verbunden ist.

10. Bauteil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Eintrittsöffnungen (2) für zwei verschiedene Edukte vorhanden sind, wobei jede Eintrittsöffnung (2) durch je einen Verbindungskanal (3) mit der Mischzone 5 (5) verbunden ist und die Austrittsöffnungen (4) der beiden Verbindungskanäle (3) einander gegenüberliegen.

10 11. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnungen (4) auf einer kreisförmigen Linie angeordnet sind.

15 12. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es zusätzliche Durchbrüche (12) und in die Mikrostruktureinheiten (6) integrierte, von den Teilkanälen (7) getrennte, zusätzliche Teilkanäle 15 (13) aufweist.

13. Statischer Mikromischer, der  
- ein Gehäuse (11) mit mindestens 2 Fluidzuführungen  
20 (12a) und mindestens einer Fluidabführung (16) und  
- mindestens 2 im Gehäuse (11) zu einem Stapel  
angeordnete Platten (1) gemäß einem der Ansprüche 1  
bis 12 aufweist,  
- wobei die Platten (1) so übereinanderliegen, dass die  
25 Eintrittsöffnungen (2) Nebenkanäle zum Zuführen des  
jeweiligen Eduktstroms und die Mischzonen (5) einen  
Hauptkanal zum Abführen des Produktstroms bilden und  
sich die Haupt- und Nebenkanäle durch den Stapel  
erstrecken.

14. Mikromischer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verbindungskanäle (3) der Platten (1) durch  
Vertiefungen ausgebildet sind und die Verbindungskanäle  
(3) vor der Mündung in die Mischzone (5) durch auf den  
5 Platten angebrachten Mikrostruktureinheiten (6) in  
Teilkanäle (7) aufgespalten werden.

15. Mikromischer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verbindungskanäle (3) der Platten (1) durch  
10 Ausnehmungen in den Platten (1) gebildet sind, wobei  
die Platten (1) als Zwischenplatten zwischen je einer  
Deck- und einer Bodenplatte angeordnet sind und die  
Verbindungskanäle (3) vor der Mündung in die Mischzone  
(5) durch an den Deck- und/oder Bodenplatten angebrach-  
15 ten Mikrostruktureinheiten (6) in Teilkanäle (7) aufge-  
spalten werden.

16. Mikromischer nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch  
gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher integriert ist.  
20

17. Verbrennungsreaktor, der einen Mikromischer mit mindes-  
tens einem Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
mindestens einen ersten Anschluß zur Zuführung eines  
brennbaren flüssigen oder gasförmigen Mediums und  
25 mindestens einen zweiten Anschluß zur Zuführung eines  
die Verbrennungsreaktion fördernden Mediums aufweist.

18. Verfahren zum Mischen, wobei mindestens zwei zunächst  
getrennt gehaltene, fluide Eduktströme miteinander  
30 vermischt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Vermischung unter Verwendung mindestens eines Bauteils

nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder mindestens eines statischen Mikromischers nach einem der Ansprüche 13 bis 16 erfolgt.

- 5 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Einströmungsgeschwindigkeit des Eduktstroms in die Mischzone größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit der Produktmischung innerhalb der Mischzone.
- 10 20. Verfahren zur Herstellung von Dispersionen oder Lösungen, wobei eine kontinuierliche flüssige Phase mit mindestens einer unlöslichen, zu dispergierenden fluiden Phase oder mit mindestens einer löslichen fluiden Phase vermischt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermischung unter Verwendung mindestens eines Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder mindestens eines statischen Mikromischers nach einem der Ansprüche 13 bis 16 erfolgt.
- 15 21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die kontinuierliche Phase durch den Hauptkanal und die zu dispergierende oder zu lösende Phase durch mindestens einen Nebenkanal eines Mikromischers nach einem der Ansprüche 13 bis 16 geleitet werden.
- 20 22. Verfahren zur Durchführung chemischer Reaktionen, wobei - mindestens zwei zunächst getrennt gehaltene fluide Eduktströme, welche reaktionsfähige Komponenten enthalten oder daraus bestehen, miteinander vermischt werden und wobei
- 25
- 30

- während oder nach Vermischung spontan oder durch Energiezufuhr oder mittels geeigneter Katalysatoren induziert eine chemische Reaktion der Komponenten abläuft,

5 dadurch gekennzeichnet, dass die Vermischung unter Verwendung mindestens eines Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder mindestens eines statischen Mikromischers nach einem der Ansprüche 13 bis 16 erfolgt.

10 23. Verwendung von Mikrobauteilen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 zum Mischen, Homogenisieren, Dispergieren, Emulgieren, Lösen, Begasen von Flüssigkeiten oder zur Durchführung chemischer Reaktionen.

1/9

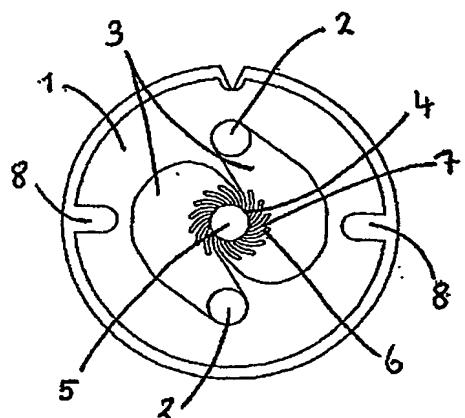


Fig. 1a

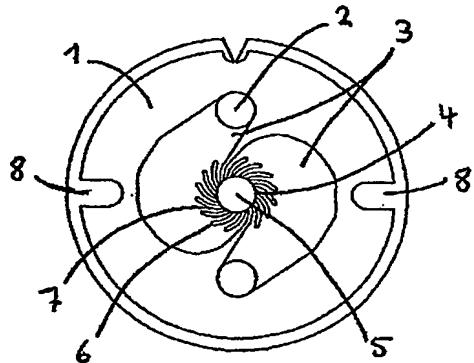


Fig. 1b

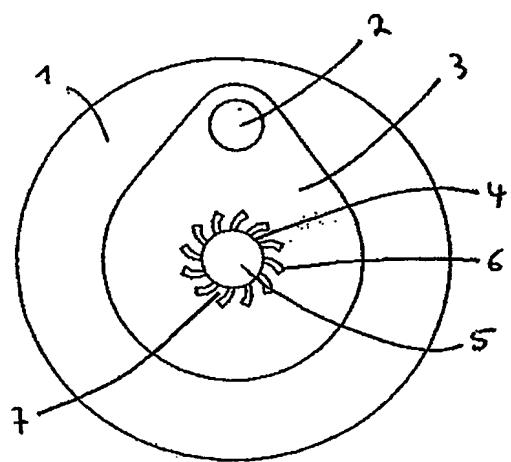


Fig. 1c

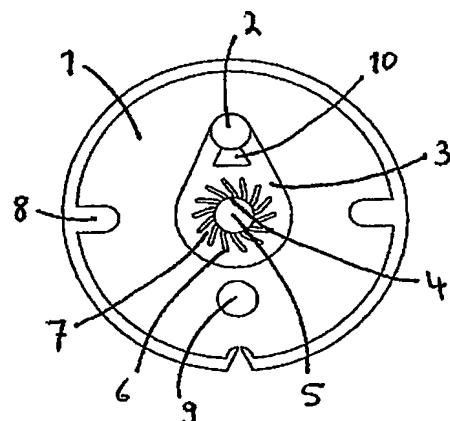


Fig. 1d

2/9

Fig. 2 a

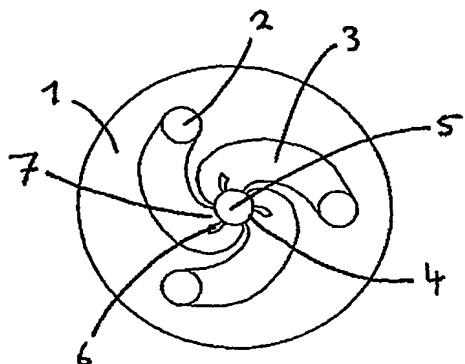


Fig. 2 b

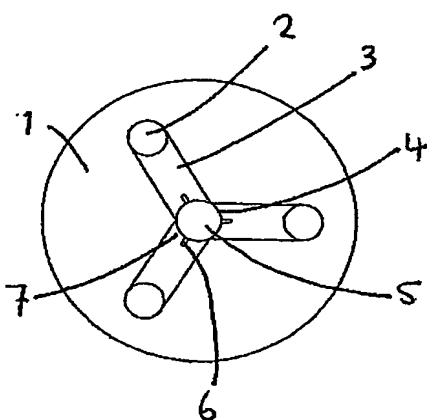
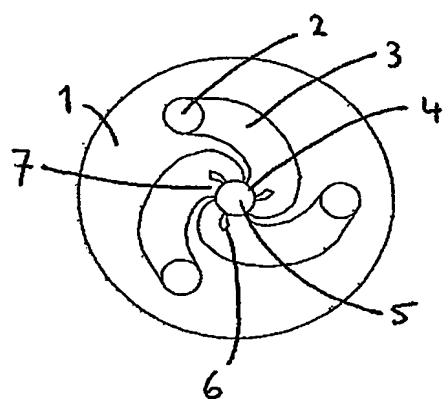


Fig. 2 c



3 / 9

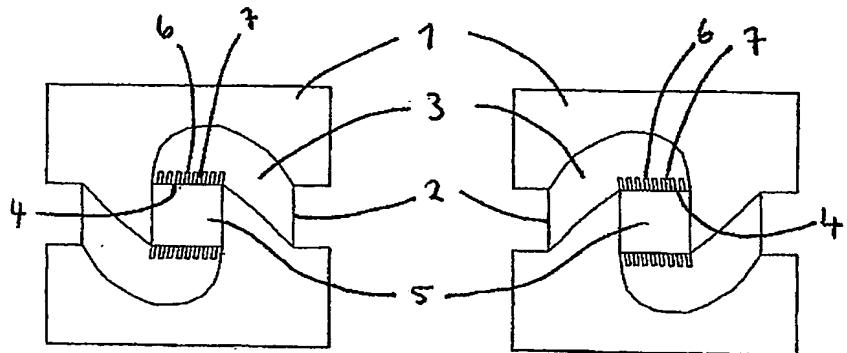


Fig. 3a

Fig. 3b

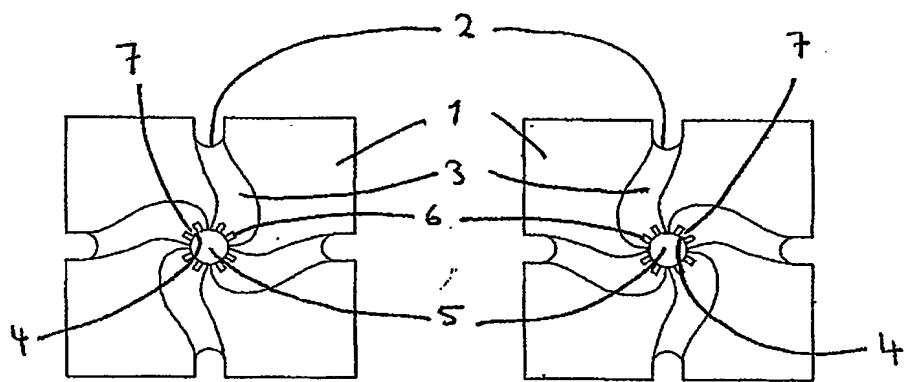
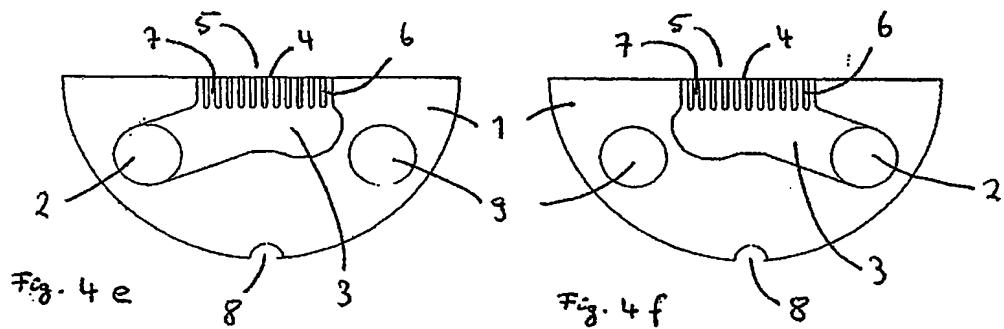
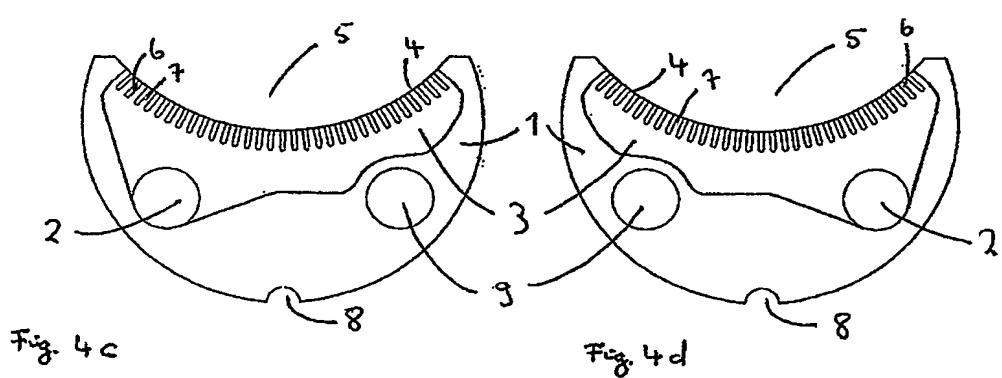
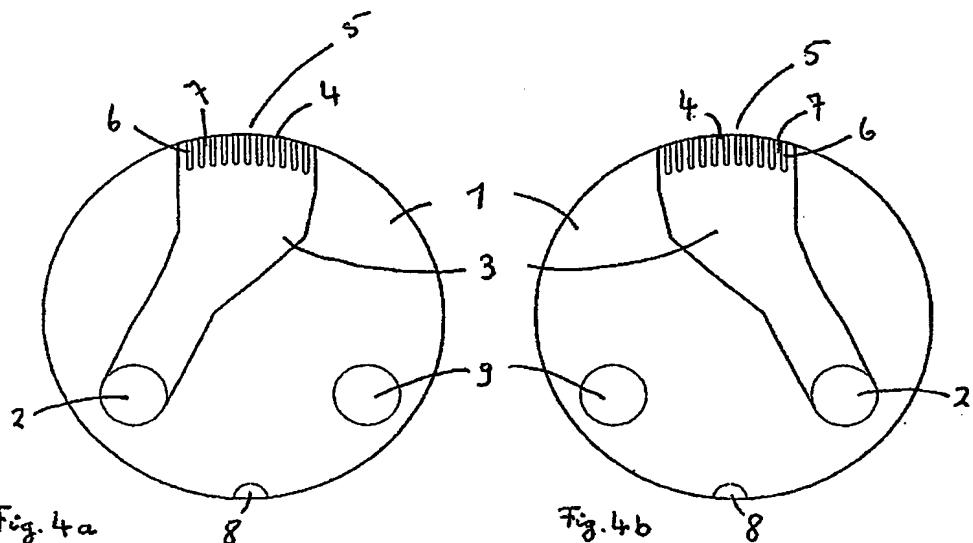


Fig. 3c

Fig. 3d

4/9



5/9

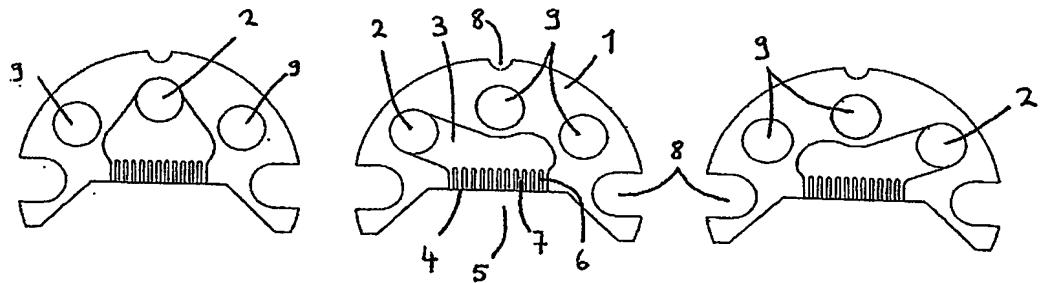


Fig. 5a

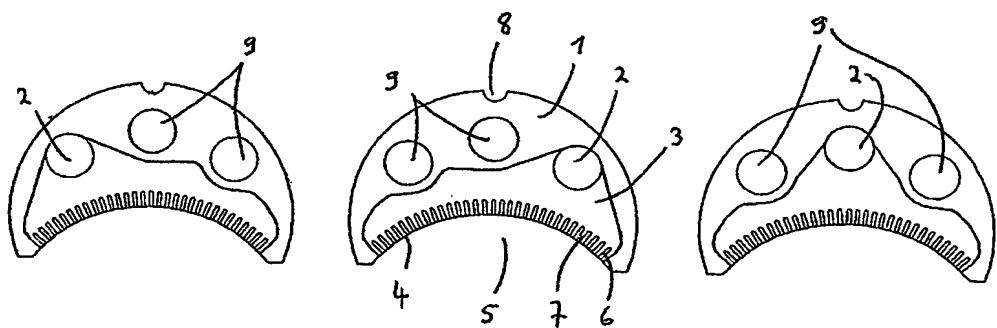


Fig. 5b

6/9

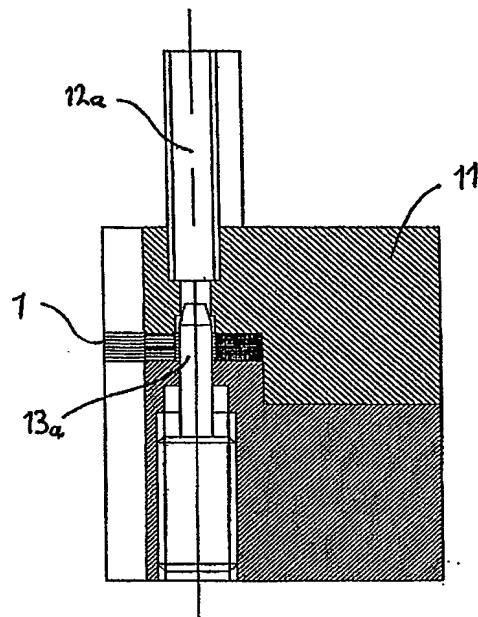


Fig. 6a

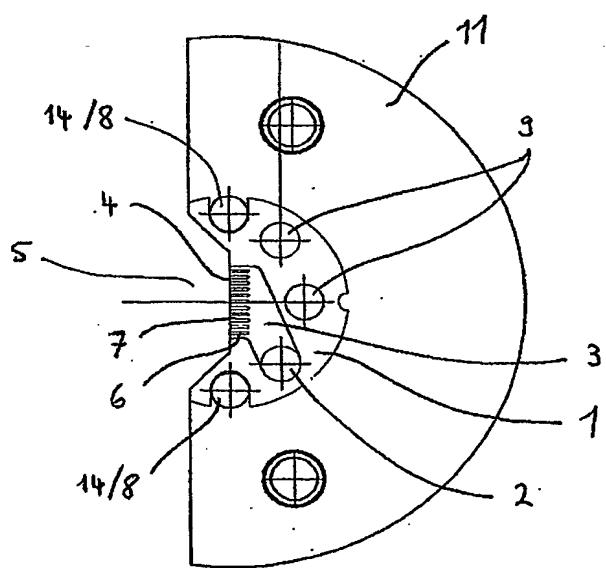


Fig. 6 b

7/9

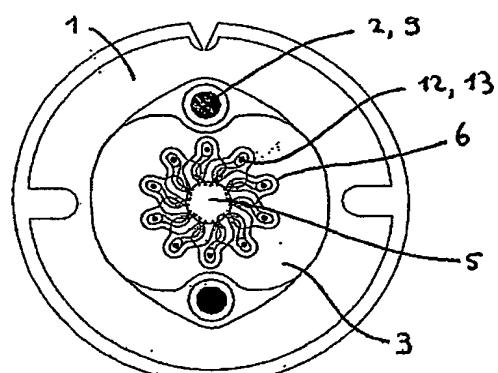
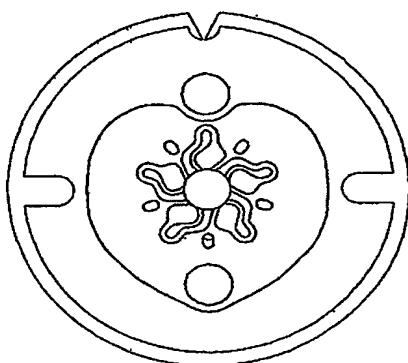
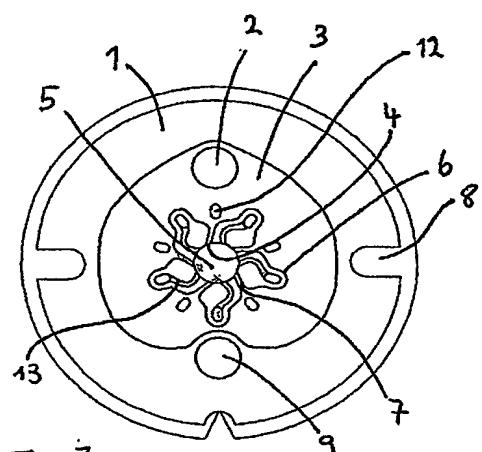
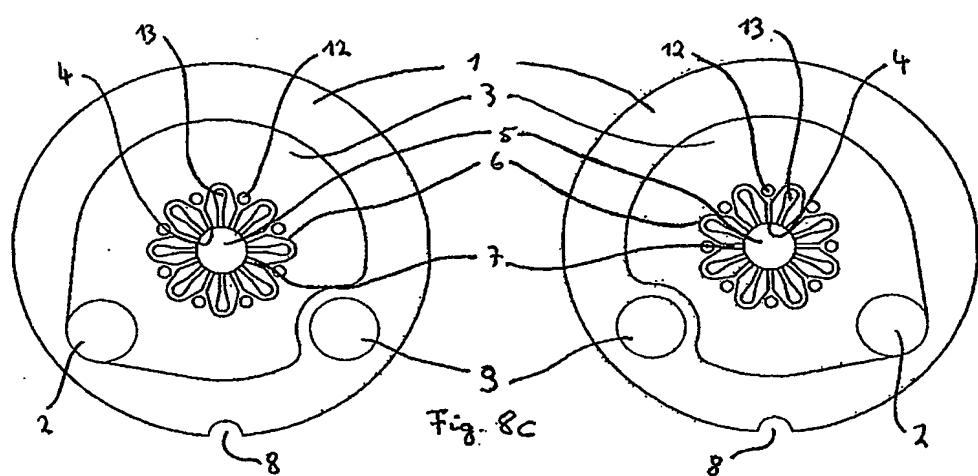
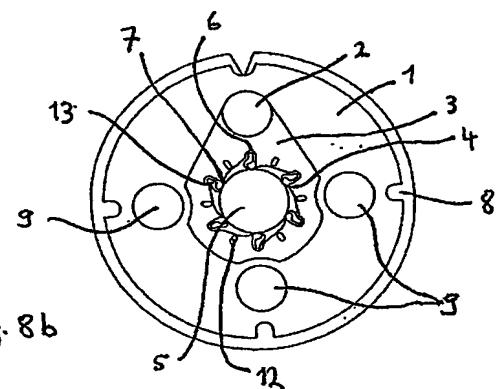
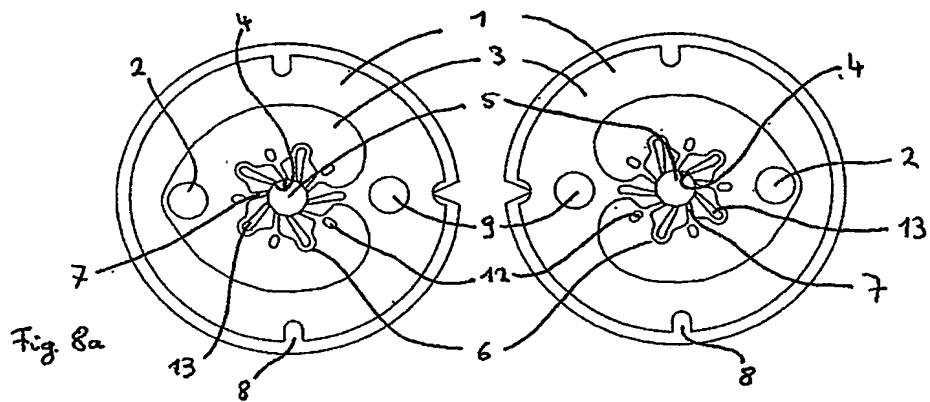


Fig. 7b

8/9



9/9

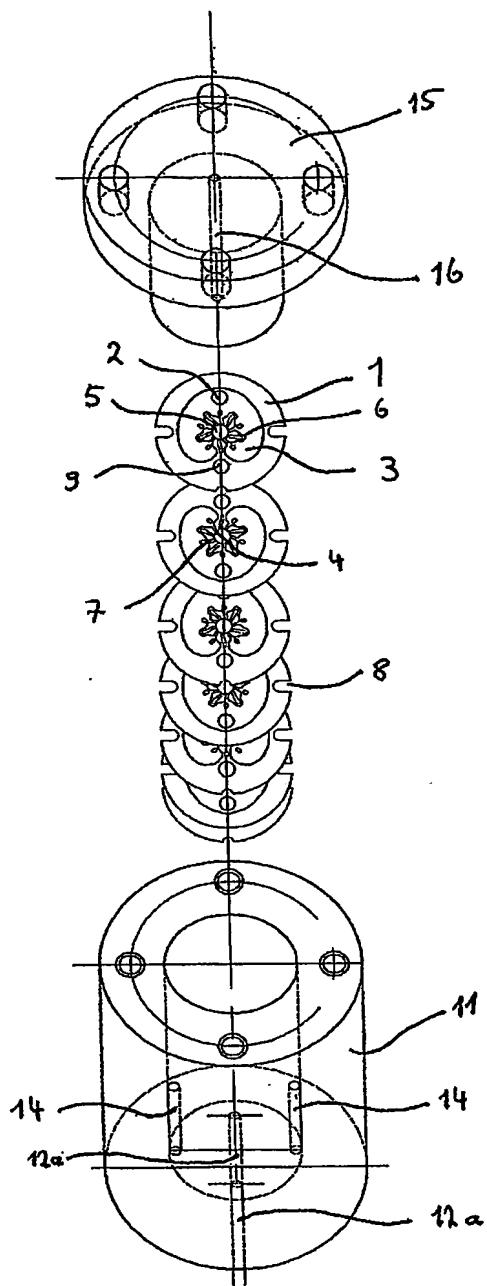


Fig. 9

## **INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/EP2004/006042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER						
IPC 7	B01F13/00	B01F5/04	B01J19/00	A61K7/00	A61K9/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC						
B. FIELDS SEARCHED						
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)						
IPC 7 B01F B01J A61K						
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched						
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)						
EPO-Internal, WPI Data, PAJ						
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT						
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages				Relevant to claim No.	
X	WO 01/43857 A (HESSEL VOLKER ; EHRFELD WOLFGANG (DE); INST MIKROTECHNIK MAINZ GMBH (D) 21 June 2001 (2001-06-21) page 1, paragraph 2 page 4, paragraph 4 page 5, paragraph 2 – paragraph 3 page 8, paragraph 3 – paragraph 4 page 13, paragraph 5 – page 14, paragraph 1 figures 3a-3d				1-23	
X	US 6 494 614 B1 (MATSON DEAN W ET AL) 17 December 2002 (2002-12-17) column 2, line 35 – line 46 column 5, line 13 – line 38 figure 3				1-7, 11, 17-23	
A					8-10, 12-16	
					-/-	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.				<input checked="" type="checkbox"/>	Patent family members are listed in annex.
° Special categories of cited documents :						
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance			*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention			
*E* earlier document but published on or after the international filing date			*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone			
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)			*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.			
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means			*&* document member of the same patent family			
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed						
Date of the actual completion of the International search			Date of mailing of the International search report			
23 September 2004			30/09/2004			
Name and mailing address of the ISA			Authorized officer			
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016			Real Cabrera, R			

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006042

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 202 06 371 U (EHRFELD MIKROTECHNIK GMBH) 27 June 2002 (2002-06-27) cited in the application the whole document -----	1-23
A	US 5 887 977 A (MORIKAWA HIDEYUKI) 30 March 1999 (1999-03-30) the whole document -----	1-23

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006042

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0143857	A	21-06-2001	DE AT DE WO EP US	19961257 A1 244596 T 50002879 D1 0143857 A1 1242171 A1 2003039169 A1		05-07-2001 15-07-2003 14-08-2003 21-06-2001 25-09-2002 27-02-2003
US 6494614	B1	17-12-2002	US	6699384 B1		02-03-2004
DE 20206371	U	27-06-2002	DE	20206371 U1		27-06-2002
US 5887977	A	30-03-1999	EP JP	0920906 A1 11253775 A		09-06-1999 21-09-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006042

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES	IPK 7	B01F13/00	B01F5/04	B01J19/00	A61K7/00	A61K9/00
--	-------	-----------	----------	-----------	----------	----------

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 B01F B01J A61K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/43857 A (HESSEL VOLKER ; EHRFELD WOLFGANG (DE); INST MIKROTECHNIK MAINZ GMBH (D) 21. Juni 2001 (2001-06-21) Seite 1, Absatz 2 Seite 4, Absatz 4 Seite 5, Absatz 2 – Absatz 3 Seite 8, Absatz 3 – Absatz 4 Seite 13, Absatz 5 – Seite 14, Absatz 1 Abbildungen 3a-3d	1-23
X	US 6 494 614 B1 (MATSON DEAN W ET AL) 17. Dezember 2002 (2002-12-17) Spalte 2, Zeile 35 – Zeile 46 Spalte 5, Zeile 13 – Zeile 38 Abbildung 3	1-7, 11, 17-23
A		8-10, 12-16
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- \*'L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*'T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
---	---

23. September 2004

30/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Real Cabrera, R
--	--

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006042

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 202 06 371 U (EHRFELD MIKROTECHNIK GMBH) 27. Juni 2002 (2002-06-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-23
A	US 5 887 977 A (MORIKAWA HIDEYUKI) 30. März 1999 (1999-03-30) das ganze Dokument -----	1-23

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006042

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0143857	A	21-06-2001	DE AT DE WO EP US	19961257 A1 244596 T 50002879 D1 0143857 A1 1242171 A1 2003039169 A1		05-07-2001 15-07-2003 14-08-2003 21-06-2001 25-09-2002 27-02-2003
US 6494614	B1	17-12-2002	US	6699384 B1		02-03-2004
DE 20206371	U	27-06-2002	DE	20206371 U1		27-06-2002
US 5887977	A	30-03-1999	EP JP	0920906 A1 11253775 A		09-06-1999 21-09-1999